

# Jaký multimetr si koupí revizní technik s osvědčením E2?

Ing. Jaroslav Melen,

soudní znalec z oboru bezpečnosti práce se specializací v elektrotechnice

## Úvod

Na seminářích s názvem Známe ČSN 33 2000-3 a ČSN 33 2000-5-51 tak, že už nás nic nepřekvapí?, pořádaných v minulém roce agenturou Lada Melenová v Praze a v Brně, byla posluchačům položena sugestivní otázka shodná s názvem tohoto příspěvku.

Otázka byla konkretizována dvěma příklady náhodně vybraných digitálních multimetrů, a to Unitest CHB15 s měřicím rozsahem pro napětí do 400 V AC/DC a proudy do 200 A na straně jedné a KEW 2009A s měřicím rozsahem pro napětí do 750 V AC a do 1 000 V DC a proudy do 2 000 A na straně druhé. S dodatkem ceny prvního přístroje 7 380 Kč a druhého přístroje 9 980 Kč, v obou případech bez DPH. Na celé čáře to vyhrál ten lacinější.

Čtenář namítne, že otázka nebyla v příkladech konkretizována komplexně, tj. zda šlo o digitální multimetry klasické, anebo vzorkovací. Bude mít pravdu. V tom byla totiž ona sugestivní záluždnost, na kterou posluchači bohužel nereagovali.

## Proč klasický a proč vzorkovací digitální multimetr a jaký je mezi nimi rozdíl?

Klasické přístroje pro měření střídavého napětí a proudy využívají aktivní usměrňovač, jehož výstupem je střední hodnota usměrněného signálu.

**Střední aritmetická hodnota** proudu udává hodnotu stejnosměrného proudu, který ve stejném časovém úseku přenesl stejný náboj jako čistě sinusový průběh za jednu půlperiodu.

$$I_{stř} = \frac{2I_{max}}{\pi} = 0,636 I_{max}$$

Údaj na displeji (přístroj je kalibrován) ale představuje hodnotu efektivní. **Efektivní hodnota** vyjadřuje stejnosměrnou hodnotu veličiny, která přenáší stejnou energii jako střídavý (popř. obecně proměnný) průběh, a matematicky představuje pro čistě sinusový průběh:

$$I_{ef} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{I_{max}}{1,414} = 0,707 I_{max}$$

Poměr  $\frac{I_{max}}{I_{ef}}$  vyjadřuje **činitel výkyvu**:

$$\frac{I_{max}}{I_{ef}} = \frac{1}{0,707} = 1,414$$

Poměr  $\frac{I_{ef}}{I_{stř}}$  vyjadřuje **činitel tvaru**:

$$\frac{I_{ef}}{I_{stř}} = \frac{0,707}{0,636} = 1,111$$

Klasickým analogovým přístrojem s magnetoelektrickým systémem s usměrňovačem, stejně tak jako s některými digitálními multimetry, se měří  $I_{stř}$  jako  $0,636I_{max}$ . Vynásobí-li se tato hodnota činitelem tvaru (tj. číslem 1,111), vytváří se ve skutečnosti hodnota  $0,707I_{max}$  a výsledkem je **měření  $I_{stř}$  kalibrované pro hodnotu  $I_{ef}$** .

U takovýchto přístrojů většina výrobců připojuje v katalogových údajích označení RMS (*Root Mean Square*, efektivní hodnota). Revizní technik by si měl uvědomit, že takové přístroje z hlediska principu jejich funkce **neměří správně neharmonické průběhy!** Chyba při měření je závislá na skutečném průběhu měřené veličiny. Odezva těchto přístrojů na obdélníkový průběh bude o 10 % menší a na jednofázové usměrnění až o 40 % menší.

Naproti tomu vzorkovací multimetr využívá princip vzorkování průběhu měřené veličiny a vypočítává efektivní hodnotu integrací této veličiny. Tyto přístroje nesou v katalogových údajích označení TRMS (*True Root Mean Square*, skutečná efektivní hodnota). Lze je použít na většinu běžných nízkofrekvenčních signálů, záleží na vzorkovací frekvenci.

Oba uvedené typy lze používat k měření síťového proudu s harmonickým průběhem, tj. v obvodech, které představují jen odporo-

vu zátěž. To však ve většině současných sítí není zdaleka pravda.

Vznik harmonických složek síťového proudu je spojen zejména s provozem nelineárních spotřebičů, kterých je dnes k elektrické rozvodné síti připojováno daleko více, než tomu bylo v minulosti. U takovýchto spotřebičů se v průběhu periody síťové frekvence mění jejich impedance. To může být způsobeno např. přesycováním magnetického obvodu transformátoru nebo nejčastěji funkcí polovodičových součástek. Pro nízkonapěťové rozvody objektů občanské vybavenosti a bytů je třeba uvažovat jednak časově neproměnné zátěže, představované např. spotřebiči s nasýtitelným železným jádrem, zařízeními informační techniky, tj. osobní počítače a k nim přiřazené UPS (*Uninterruptible Power Supply*, zdroj nepřerušitelného napájení), nebo kompaktní světelné zdroje s elektronickými předřadníky, jednak zátěže s pomalou proměnou v čase, jako jsou např. svítidla řízená elektronickými stmívači nebo mikrovlnné trouby. Kolik takových zařízení bylo před dvaceti lety v kancelářských objektech a bytech? A kdo si vzpomene, kdy si do domácnosti pořídil první počítač nebo mikrovlnnou troubu nebo kdy vyměnil první elektronkový televizor za moderní? Navíc není nic neobvyklého na tom, když v jednom bytě je víc než jeden televizor, stejně tak, jako je tomu u počítačů.

Bude-li, a jako že dozajista bude, průběh proudu takovouto zátěží deformován, odebraný proud ze sítě má jistý podíl harmonických složek, ať už lichých nebo sudých řádů či jejich kombinací (nemluvě o meziharmonických). Potom nelze hodnoty naměřené některými typy měřicích přístrojů brát za vý-

Tabulka dovolených harmonických proudů spotřebičů třídy A a D

Řád harmonické (n)	Největší dovolený harmonický proud (A) Třída A	Největší dovolený harmonický proud na watt (mA/W) Třída D
<i>liché harmonické</i>		
3	2,30	3,40
5	1,14	1,90
7	0,77	1,00
9	0,40	0,50
11	0,33	0,35
13	0,21	0,30
15 ≤ n ≤ 39	0,15 (15. harmonická)	3,85/n
<i>sudé harmonické</i>		
2	1,08	-
4	0,43	-
6	0,30	-
8 ≤ n ≤ 40	0,23 (8. harmonická)	-

hradně správné. Jediným řešením, jak se dobrat skutečné hodnoty odebíraného proudu, je použití síťový analyzátor.

### Proč se potřebujeme dobrat skutečné hodnoty odebíraného proudu?

To proto, abychom mohli, jsme-li např. revizními techniky, posoudit, zda zvolený průřez a způsob uložení vodičů v instalaci odpovídá např. jejich proudové zatížitelnosti. Stejně tak jako zda jsou v instalaci správně a přiměřeně k vnějším vlivům zvoleny nejen předměty a zařízení, ale i odpovídající ochranná opatření.

Připomeňme proto, co se pozorní revizní technici mohli dočíst v čl. 611.3 ČSN 33 2000-6-61 ed. 2 (Elektrické instalace budov – Část 6-61: Revize – Výchozí revize) o tom, co musí zahrnovat prohlídka elektrické instalace.

Prohlídka musí tam, kde je to účelné, zahrnovat alespoň ověření těchto bodů:

- třetí odrážka – volbu vodičů s ohledem na proudovou zatížitelnost a úbytek napětí (viz např. oddíl 523 a 525),
- čtvrtá odrážka – volbu a seřízení ochranných a kontrolních (monitorovacích) přístrojů (viz kapitulu 53),
- pátá odrážka – volbu předmětů, zařízení a ochranných opatření přiměřeně k vnějším vlivům (viz 512.2 a oddíly 482 a 522).

Potom i to, co se popř. dočetli revizní technici v informativní příloze E k ČSN 33 2000-6-61 ed. 2 – Pokyny k uplatnění pravidel stanovených v kapitole 61: Výchozí revize.

Zejména pak v E.611 Prohlídka – a tam v E.611.3 k uvedené třetí a čtvrté odrážce:

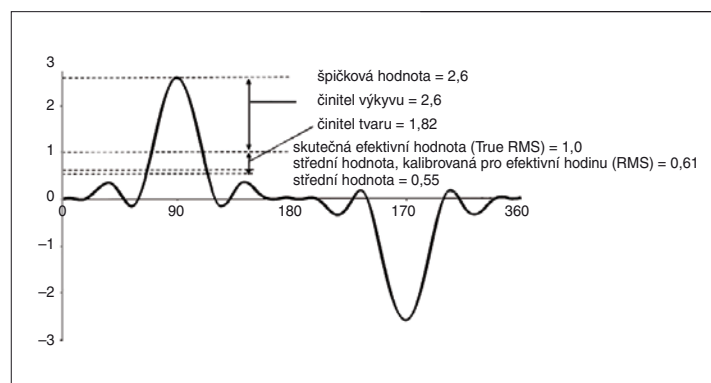
- Volba vodičů s ohledem na proudovou zatížitelnost a úbytek napětí, volba a seřízení ochranných a kontrolních (monitorovacích) přístrojů.
- Volba vodičů i jejich materiálů, způsob jejich instalace, jejich průřez, jejich montáž a nastavení ochranných přístrojů se ověří podle výpočtů projektanta instalace v souladu s pravidly danými touto normou, zejména jejich kapitol 41, 43, 52, 53 a 54.

Vzpomene si každý revizní technik na ČSN 33 2000-5-523 ed. 2 (Elektrické instalace budov – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Oddíl 523: Dovolené proudy v elektrických rozvodech)?

Pátou odrážku příloha E nekomentuje a do poznámky N2 „Od osoby provádějící výchozí revizi se nevyžaduje, aby uvedeně ověření provedla pro každý vnější vliv úplně vyčerpávajícím způsobem; např. pro vnější vliv CB2 – šíření požáru, se při revizi ověřuje, zda je použito zařízení vyrobené z materiálu, který zpomaluje šíření požárů, jejichž příčinou nebyla porucha elektrické instalace, a který předepisuje projekt vypracovaný firmou, která za správnost navržených opatření zodpovídá. V případech pochybností se v revizní zprávě upozorní na potřebu ově-

ření těchto opatření předepsaných v projektu.“ nebyl při zpracování ČSN 33 2000-6-61 ed. 2 přijat autorův návrh, aby mimo tam uvedený vnější vliv CB2 bylo řečeno, že: „Obdobně tomu bude např. pro vnější vliv AM – elektromagnetická; elektrostatická nebo ionizující působení.“

Vzpomene si v souvislosti s tím, co již bylo uvedeno o harmonickém zkruslení odebíraného proudu, každý revizní technik na vnější vlivy AM-1-1 až AM-1-3, stejně tak jako v souvislosti se stejnosměrnou složkou v obvodech střídavého proudu na vnější vliv AM-7?



Obr. 1. Typický průběh proudu odebíraného osobním počítačem

#### Poznámka:

Je třeba si uvědomit, že přístroje, které při měření využívají měřicí transformátor, nezaregistrují stejnosměrnou složku. Tu stejně tak jako usměrněné pulzní průběhy produkuje velký počet spotřebičů obsahujících usměrňovače nebo elektronické obvody.

Jestliže si nevzpomene, s největší pravděpodobností se dočká překvapení.

#### Překvapení první

Podívejme se, jaký je typický průběh proudu odebíraného osobním počítačem (obr. 1). Co ukážou zvolené multimetry pro příklad podle obr. 1?

Unitest CHB15, stejně tak jako každý jiný přístroj, který měří RMS, ukáže:

$$I_{ef} = 1,111 I_{stř} = 1,111 \times 0,55 = 0,61$$

To je o 39 % méně než to, co zobrazí náhodně zvolený přístroj KEW 2009A, který měří TRMS, tedy:

$$I_{ef} = 1,82 \times I_{stř} = 1,82 \times 0,55 = 1,00$$

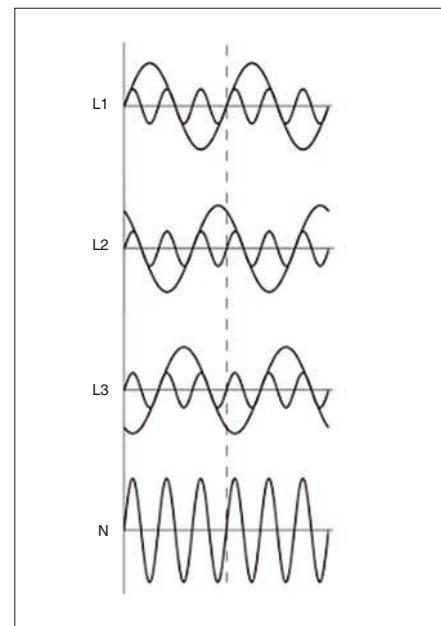
#### Ponaučení první

Jedině přístroje, které měří skutečnou efektivní hodnotu střídavého proudu, poskytují obraz o tom, zda jsou vedeny v instalacích budov správně dimenzovány.

#### Ponaučení druhé

Než zakoupíte revizní přístroje, čtěte se znalostí věci pozorně katalogové údaje výrobců a ptejte se prodejců, co nabízejí (a možná se budete divit, co uslyšíte).

Ve spojení s již zmíněným harmonickým zkruslením odebíraného proudu je třeba ještě připomenout existenci ČSN EN 61000-3-2 ed. 2 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 3-2: Meze – Meze pro emise harmonického proudu (zařízení se vstupním fázovým proudem do 16 A, včetně), dále ČSN EN 61000-4-7 ed. 2 – Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-7: Zkušební a měřicí technika – Všeobecná směrnice o měření a měřicích přístrojích harmonických a meziharmonických pro rozvodné sítě a zařízení připojovaná do nich.



Obr. 2. Průběhy proudů třetí harmonické v krajních vodičích a ve středním vodiči

Prvně jmenovaná norma člení pro účely omezení harmonického proudu zařízení do čtyř skupin:

- **Třída A:** Symetrická třífázová zařízení, domácí spotřebiče (kromě zařízení identifikovaných jako zařízení třídy D), nářadí (kromě přenosného nářadí), stmívače pro žárovky, zvuková zařízení a všechna ostatní zařízení, která nespádají do žádných tří tříd.
- **Třída B:** Přenosné nářadí.

- **Třída C:** Světelná zařízení.
- **Třída D:** Zařízení s příkonem menším nebo rovným 600 W, např. osobní počítače a monitory osobních počítačů, televizní přijímače aj.

Zařízením zařazeným do těchto tříd jsou určeny povolené hodnoty jejich harmonických proudů a těm musí podle nařízení vlády č. 18/2003 Sb., kterým se stanovují technické požadavky na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility (89/336/EHS), vyhovovat jako výrobky. V tabulce jsou uvedeny pro zařízení tříd A a D.

V třífázovém instalačním rozvodu s ideálními lineárními zátěžemi a s ideálně souměr-



Obr. 3. Vyhořelá stoupací elektroinstalační šachta

ným rozložením zatížení na jednotlivé fáze by byl proud tekoucí středním vodičem nulový. Ideální rozložení zátěže v praxi neplatí, a proto je proud ve středním vodiči nenulový – ale nikdy ne větší než v kterémkoliv krajním vodiči. Tomu odpovídala stará praxe dimenzování středního vodiče.

V síti zatížené nesouměrnou zátěží, a navíc nelineárními spotřebiči produkujícími zmíněné harmonické, potom může nastat situace, kdy proud ve středním vodiči může být nejen nenulový, ale někdy i větší než v krajních vodičích (obr. 2).

A je tu zmíněná ČSN 33 2000-5-523 ed. 2, stejně tak jako povinnosti při pravidelných revizích elektrických instalací a povinnosti vyplývající z již vzpomínaných ustanovení ČSN 33 2000-6-61 ed. 2, stejně tak jako z páté kapitoly ČSN 33 1500.

### Podívejme se na zjednodušený příklad

Z tabulky již víme, že největší dovolený harmonický proud pro 3. harmonickou u spotřebičů **třídy D** (kam patří zařízení s příkonem menším nebo rovným 600 W, tj. např. osobní počítače, monitory osobních počítačů a televizní přijímače) je 3,4 mA/W.

Pro ilustraci vezměme příklad pro jeden byt v panelovém domě s počítačem o výko-

nu 300 W, s monitorem LCD 168 W a UPS 600 W. Celkem tedy 1 068 W.

Proud 3. harmonické ve středním vodiči bude:

$$1\,068 \times 3,4 \cdot 10^{-3} = 3,63\text{ A}$$

Uvažujme s panelovým domem se čtyřiceti byty, z nichž dvě třetiny domácností mají minimálně jeden počítač se stejným vybavením. Uvažujme se soudobostí 0,8 a rovnoměrným rozložením zátěže na jednotlivé fáze (to pro 3. harmonickou je jedno).

Proud 3. harmonické ve středním vodiči hlavního domovního vedení (HDV) od těchto přístrojů bude:

$$2/3 \times 40 \times 0,8 \times 3,63 = 77,4\text{ A}$$

Přičtou-li se se stejnou soudobostí televizory, přírůstek bude:

$$40 \times 0,8 \times 55\text{ W} = 1\,760\text{ W}$$

Od nich příspěvek proudu 3. harmonické ve středním vodiči (HDV) bude:

$$1\,760 \times 3,4 \cdot 10^{-3} = 5,98\text{ A}$$

**Celkem:**

$$77,4 + 5,98 = 83,38\text{ A}$$

V onom zjednodušení zanedbáváme spotřebiče **třídy A** (jako např. stmívače pro žárovky, elektronické předradníky pro zářivky, zvuková zařízení a všechna ostatní zařízení, která nespádají do žádné z dalších tříd) s největším dovoleným harmonickým proudem pro 3. harmonickou 2,3 A.

Budeme-li předpokládat, že účinník je 1, proud v krajním vodiči HDV při rovnoměrném rozložení na všechny fáze bude jen díky takto zvolené zátěži:

$$\frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 40 \cdot 0,8 \cdot 1\,068\right) + 1\,760}{\sqrt{3} \cdot 230} = 61,7\text{ A}$$

Je zřejmé, že proud čtvrtého vodiče HDV, např. v elektroinstalační trubce, je 1,35krát větší než proud ve třech krajních vodičích!

### Překvapení druhé

Ukáže našemu reviznímu technikovi ampérmetr s RMS ve středním vodiči oněch 83,38 A? Ani náhodou, bude ukazovat zhruba o oněch 39 % méně, tj. přibližně 51 A!

Vzpomene si náš revizní technik na ČSN 33 2000-5-523 ed. 2 a na to, co se v čl. 523. N20.1 říká o přepočítávacím součiniteli proudové zatížitelnosti? Možná, ale s největší pravděpodobností spíše na to, že za jejich padesát tři stran chce ČNI 578 Kč. A za kopii zrušené národní přílohy NL (Přirazení jističů prvků proti přetížení k vodičům a kabelům) 2 780 Kč, vše bez DPH.

### Závěr

Každý revizní technik by si rozhodně měl uvědomit, že od doby, kdy byly např. panelový dům, stejně tak jako nějaká kancelářská budova vystavěny, uplynulo mnoho let, ve kterých se nejen počet, ale především skladba spotřebičů v nich používaných podstatně

změnily. V každém případě by měl revizní technik jeho vlastníkově položit otázku, zda o tom vůbec má přehled.

Protože chtít na vlastníkově družstevního panelového domu instalovaný příkon a protokol o vnějších vlivcích s udáním všech vlivů, o kterých zde byla řeč, je iluzorní, u kancelářských objektů tomu nebude asi jinak; pak reviznímu technikovi nezbyvá, než v takovýchto podezřelých situacích být velmi obezřetný.

Obezřetnost by měla spočívat v upozornění vlastníka budovy na potenciální riziko. Riziko, které je třeba odhalit příslušným měřením. Proto zde byla zmíněna i ČSN EN 61000-4-7 ed. 2.

Měření skutečné efektivní hodnoty TRMS nesinusových střídavých veličin i se stejnosměrnou složkou umožňuje např. klešťový multimetr F15 Chauvin Arnoux. Jeho cena je tomu proto úměrná. V minulém roce byl nabízen na internetu za 11 061 Kč s DPH. Pokud by revizní technik nebyl obezřetný, mohlo by se mu stát, že po jeho revizi v panelovém domě vyhoří stoupací elektroinstalační šachta (obr. 3), a nemusí to být jen z příčiny nezměření přechodových odporů vzniklých zanedbáním údržby.

### Ponaučení třetí

Revizní technici by si měli být vědomi toho, že i z nezávazných norem může být některá norma „závazná“. A to v případě, že taková norma písemně stanovuje správný technický postup. Potom se nemluví o závazné normě jako takové, ale o závazném pravidlu správného postupu v ní uvedeném. V konkrétním případě z ČSN 33 2000-6-61 ed. 2 to je mj. postup prohlídky podle jednotlivých bodů čl. 611.

Jestliže některý z bodů prohlídky revizní technik vynechá, a v příčinné souvislosti by vznikl požár, byl by požár v panelovém domě v intencích trestního zákona nepochybně posouzen jako obecné ohrožení. V souvislosti s jeho vykonanou revizí by se hovořilo o jeho nedbalosti, spočívající v tom, že porušil důležitou povinnost vyplývající z jeho povolání. Na ni pamatuje § 180 trestního zákona (doporučuji si jej pozorně přečíst na [http://business.center.cz/business/pravo/zakony/trestni\\_zakon/cast2h4.aspx](http://business.center.cz/business/pravo/zakony/trestni_zakon/cast2h4.aspx)).

Není to tak dlouho, co jsem byl jako znalec k takovému případu, projednávanému soudem, přizván. Šlo o první odsouzení „jen“ na deset měsíců s podmínkou dvacet čtyři měsíců a náhradu škody ve výši přesahující „jen“ jeden milion korun.

### Literatura:

- LUKEŠ, P.: *Zlepšení síťového proudu spinaných zdrojů*. Elektro, 2/2003.
- SUCHÁNEK, V.: *Programovaný kurz usměrňovací techniky*. SNTL, 1978.

### Zdroj obrázků:

- Obr. 1 a 2: <http://www.lpqj.org/lwslib/ktwse?page&mod=search>
- Obr. 3 a 4: <http://new.sge.cz/index.php?p=176&lang=1>